

**MAGNETO-RESISTANCE EFFECT TYPE HEAD**

Patent Number: JP10143821  
Publication date: 1998-05-29  
Inventor(s): SAITO KAZUHIRO;; SAITO AKIKO;; TSUDAI AKIHIKO;; YODA HIROAKI;; IWASAKI HITOSHI;;  
SAHASHI MASASHI;; KOBAYASHI TADAHIKO;; OSAWA YUICHI;; KAMIGUCHI YUZO  
Applicant(s): TOSHIBA CORP  
Requested  
Patent: JP10143821  
Application  
Number: JP19970058143 19970312  
Priority Number  
(s):  
IPC  
Classification: G11B5/39  
EC  
Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress degradation of characteristic of MR (magneto-resistance effect) film or lowering of the yield incident to lead formation in a yoke type MR head, and also to control Barkhausen noise due to magnetic yoke.  
**SOLUTION:** An MR film 27 is arranged in a position receded by a prescribed distance from a face S oppositely facing a medium, along a plane nearly parallel to the substrate face of a magnetic yoke 23 that consists of a pair of magnetic body layers 24 disposed to face oppositely through a magnetic gap 25. The MR film 27 is magnetically connected to the magnetic yoke 23 at least at both ends. A pair of leads 28 for supplying a sense current to the MR film 27 is provided with a magnetic lead part 29 constituted of magnetic body layers 24 that are common to the magnetic yoke 23 and with a low resistance lead part 30. In addition, the magnetic yoke and the MR film are impressed by a bias magnetic field at least at the time of a head operation. The bias magnetic field is due to a current magnetic field for example. Otherwise, the magnetic yoke is heat-treated while impressing the current magnetic field, with a different magnetic anisotropy imparted to depending on a part.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

SHUSAKU YAMAMOTO

U.S. Patent Application S.N. 09/603,072

Partial Translation of Japanese Laid-open Publication  
No. 2000-21041

[Abstract]

[Problems] A floating magnetic head device which can provide a sufficient reproduction output and allow a signal detection beyond the optical diffraction limit is provided.

[Means for Solving the Problems] An optical system having a numerical aperture  $NA \geq 1$  is disposed on a floating slider, and a magneto-optical film which provides magneto-optical effects is formed at a focal point thereof. During the reproduction of information signals of a magnetic disk on which a perpendicularly magnetized film is formed, the magnetization of the perpendicular magnetic film is transferred to the magneto-optical film and read with the optical system having a numerical aperture  $NA \geq 1$ , whereby the information signals recorded on the magnetic disk are reproduced.

[Claim 1] A floating magnetic head device wherein an optical system having a numerical aperture  $NA \geq 1$  is disposed on a floating slider, and a magneto-optical film which provides magneto-optical effects is formed at a focal point thereof.

[0013]

To achieve the objective described above, a floating magnetic head device of the present invention is characterized in that an optical system having a numerical aperture  $NA \geq 1$  is disposed on a floating slider, and a magneto-optical film which provides magneto-optical effects is formed at a focal point thereof.

[0019]

A floating magnetic head device of the present invention, as shown in Figure 1, for example, is formed by

## SHUSAKU YAMAMOTO

U.S. Patent Application S.N. 09/603,072

providing a slider 1, which in itself is formed from an optical material, integrally forming a solid immersion lens 2 at one end of the slider, the solid immersion lens 2 composing an optical system having a numerical aperture  $NA \geq 1$ , and, furthermore, forming a magneto-optical film 3 at a focal point of the solid immersion lens 2.

[0021]

The solid immersion lens 2 composes an optical system having a numerical aperture  $NA \geq 1$  and acts as a converging means for converging laser light or the like to be used for reading. In the case where a separate lens is employed for converging light on the solid immersion lens 2, a converging lens 5 can be provided as a separate element from the slider 1 as shown in Figure 2. It will be appreciated that both the converging lens 5 and the solid immersion lens 2 can be incorporated in the slider 1 as shown in Figure 3.

[0032]

A. The magneto-optical film is formed only in the vicinity of the focal point in the bottom face of the lens of an optical system having a numerical aperture  $NA \geq 1$  or a bottom face of the slider. During reproduction, light is focused on the thus-formed magneto-optical film. During recording, the incident angle of light is changed so that the focal plane is shifted away from the magneto-optical film, thus, light is transmitted through a near field optical system. It is known that shifting the focal plane does not cause any change in the light spot configuration so long as the shifting is performed within about 10  $\mu\text{m}$ .

[0033]

B. Thermomagnetic recording may be implemented by employing two incident light beams. One beam is pre-

SHUSAKU YAMAMOTO

U.S. Patent Application S.N. 09/603,072

scribed so as to form a focal point on the magneto-optical film, and the other beam is prescribed so as to be capable of irradiating the disk.

[Brief Description of the Drawings]

[Figure 1]

Figure 1 is a side view schematically illustrating an example of a floating magnetic head device according to the present invention.

[Figure 2]

Figure 2 is a side view schematically illustrating another example of the floating magnetic head device according to the present invention.

[Figure 3]

Figure 3 is a side view schematically illustrating still another example of the floating magnetic head device according to the present invention.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-21041

(P2000-21041A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テーム(参考)           |
|---------------------------|-------|---------------|-------------------|
| G 1 1 B 11/10             | 5 6 6 | G 1 1 B 11/10 | 5 6 6 A 5 D 0 7 5 |
|                           |       |               | 5 6 6 F 5 D 0 9 3 |
| 5/127                     |       | 5/127         | Z                 |

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-185247

(22) 出願日 平成10年6月30日 (1998.6.30)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 佐飛 裕一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

Fターム(参考) 5D075 CC01 CC11 CF08

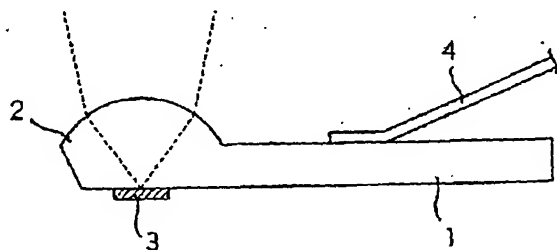
5D093 AA03 AC08 AD05 DA04 JA01

(54) 【発明の名称】 浮上型磁気ヘッド装置及びこれを用いた信号再生方法、記録再生方法

(57) 【要約】

【課題】 十分な再生出力を得ることができ、光学的回折限界を越えた信号検出が可能な浮上型磁気ヘッド装置を提供する。

【解決手段】 浮上用スライダに開口数 $NA \geq 1$ の光学系を配し、その焦点位置に磁気光学効果を有する光磁気膜を成膜する。垂直磁化膜が成膜された磁気ディスクの情報信号を再生するに際し、上記垂直磁化膜の磁化を上記光磁気膜に転写し、これを開口数 $NA \geq 1$ の光学系で読み取ることにより磁気ディスクに記録された情報信号を再生する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 浮上用スライダに開口数 $NA \geq 1$ の光学系が配されるとともに、その焦点位置に磁気光学効果を有する光磁気膜が成膜されていることを特徴とする浮上型磁気ヘッド装置。

【請求項2】 上記光磁気膜は、室温で面内磁化膜であるとともに、加熱により垂直方向の磁化に対して磁界感度を示し、

上記開口数 $NA \geq 1$ の光学系の光スポット内の一部でのみ外部磁界に感応することを特徴とする請求項1記載の浮上型磁気ヘッド。

【請求項3】 上記光磁気膜は、少なくともGdと遷移金属とを含む合金材料よりなることを特徴とする請求項2記載の浮上型磁気ヘッド。

【請求項4】 上記光磁気膜は、軟磁気特性を有する垂直磁化膜であることを特徴とする請求項1記載の浮上型磁気ヘッド。

【請求項5】 上記開口数 $NA \geq 1$ の光学系の焦点位置を上記光磁気膜から外れた位置にずらすための焦点位置変更機構を有することを特徴とする請求項1記載の浮上型磁気ヘッド。

【請求項6】 垂直磁化膜が成膜された磁気ディスクの情報信号を再生するに際し、

浮上用スライダに開口数 $NA \geq 1$ の光学系が配されるとともに、その焦点位置に磁気光学効果を有する光磁気膜が成膜されてなる浮上型磁気ヘッド装置を用い、上記垂直磁化膜の磁化を上記光磁気膜に転写し、これを開口数 $NA \geq 1$ の光学系で読み取ることにより磁気ディスクに記録された情報信号を再生することを特徴とする信号再生方法。

【請求項7】 上記光磁気膜を、室温で面内磁化膜であり、加熱により垂直方向の磁化に対して磁界感度を示す光磁気膜とし、

磁氣的超解像を利用して磁気ディスクに記録された情報信号を再生することを特徴とする請求項6記載の信号再生方法。

【請求項8】 上記光磁気膜を、軟磁気特性を有する垂直磁化膜とし、

上記浮上型磁気ヘッドの浮上量を100nm以下として磁気ディスクに記録された情報信号を再生することを特徴とする請求項6記載の信号再生方法。

【請求項9】 垂直磁化膜が成膜された磁気ディスクに対して情報信号を記録再生するに際し、

浮上用スライダに開口数 $NA \geq 1$ の光学系が配されるとともに、その焦点位置に磁気光学効果を有する光磁気膜が成膜されてなる浮上型磁気ヘッド装置を用い、

上記垂直磁化膜の磁化を上記光磁気膜に転写し、これを開口数 $NA \geq 1$ の光学系で読み取ることにより磁気ディスクに記録された情報信号を再生するとともに、

上記開口数 $NA \geq 1$ の光学系の焦点位置を上記光磁気膜

から外れた位置にずらすことにより、上記垂直磁化膜に当該光学系から光を直接照射し、情報信号を熱記録することを特徴とする記録再生方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気ディスクに形成された磁化膜と静磁的に結合する光磁気膜より情報検出を行う新規な浮上型磁気ヘッドに関するものであり、さらには、これを用いた信号再生方法、記録再生方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 磁気ディスクの記録密度は、近年急激に向上しており、現状でハードディスクの最高密度を決定しているのは、信号検出及び記録用の磁気ヘッドの性能であると言っても過言ではない。

【0003】 このような状況の中、磁気抵抗効果を利用したMRヘッドが開発され、高性能再生ヘッドとして主流となりつつあるが、このMRヘッドを用いてもトラックピッチが数 $\mu\text{m}$ 以下になると出力不足が問題になる。

【0004】 これを改善するべく、巨大磁気抵抗効果を用いた磁気ヘッド、いわゆるGMRヘッドが実用化されている。一方で、記録用コイルの作成プロセスにも問題があり、サブミクロンのトラックピッチを実現するのは困難である。

【0005】 さらに、磁気ディスク（ハードディスクメディア）についても、面内磁化膜での面密度は熱揺らぎによる限界にまで到達しようとしており、これを超えるために、垂直磁化膜を用いることも提案されている。

【0006】 しかしながら、垂直磁化膜を記録層とした場合、ハードディスクメディアのノイズや、いわゆる減磁効果等の様々な課題が残されており、未だ実用には至っていない。

【0007】 一方、光磁気ディスクでは、垂直磁化膜を用いており、また交換結合アモルファス膜であることにより、熱揺らぎによる限界までは余裕があるが、光学的に情報を読み出すため、レンズの開口数 $NA$ で決定される回折限界が存在する。

【0008】 これを超えるための技術として、磁気超解像技術がいくつか提案されているが、いずれも実用化にまでは至っていない。これは、磁気的なマスクの不安定さ、信頼性、再生パワーマージンや信号出力の低下が原因の一つである。

【0009】 また、高 $NA$ を有する光学系や、近接場光学系（いわゆるニアフィールド光学系）を用いて光学的に集光する方法も各方面で検討されているが、光学的に不安定で組立が容易でなかったり、ゴミ、傷に弱いという大きな欠点を有する。さらに、近接場光学系においては、空気層との界面での損失により、実効的な $NA$ が低下するという欠点も有する。

【0010】光ファイバーあるいは導波路を浮上型ヘッドに組み込み、ファイバー端あるいは導波路端を光磁気ディスクと近接させることで通常のレンズでは得られないスポットサイズを実現する方法もいくつか検討されているが、これも基本的には高NA光学系と同様の欠点を有する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、磁気ディスク、光磁気ディスクのいずれにおいても、これまで以上の高密度化は次第に困難になってきており、上記限界を乗り越える新たな技術の開発が望まれている。

【0012】そこで本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、垂直磁化膜あるいは面内磁化膜を用いた記録再生系において、十分な再生出力を安定して得ることができ、光学的回折限界を越えた信号検出が可能な浮上型磁気ヘッド装置を提供することを目的とし、さらには信号再生方法、記録再生方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明の浮上型磁気ヘッド装置は、浮上用スライダに開口数 $NA \geq 1$ の光学系が配されるとともに、その焦点位置に磁気光学効果を有する光磁気膜が成膜されていることを特徴とするものである。

【0014】また、本発明の信号再生方法は、垂直磁化膜が成膜された磁気ディスクの情報信号を再生するに際し、浮上用スライダに開口数 $NA \geq 1$ の光学系が配されるとともに、その焦点位置に磁気光学効果を有する光磁気膜が成膜されてなる浮上型磁気ヘッド装置を用い、上記垂直磁化膜の磁化を上記光磁気膜に転写し、これを開口数 $NA \geq 1$ の光学系で読み取ることにより磁気ディスクに記録された情報信号を再生することを特徴とするものである。

【0015】さらに、本発明の記録再生方法は、垂直磁化膜が成膜された磁気ディスクに対して情報信号を記録再生するに際し、浮上用スライダに開口数 $NA \geq 1$ の光学系が配されるとともに、その焦点位置に磁気光学効果を有する光磁気膜が成膜されてなる浮上型磁気ヘッド装置を用い、上記垂直磁化膜の磁化を上記光磁気膜に転写し、これを開口数 $NA \geq 1$ の光学系で読み取ることにより磁気ディスクに記録された情報信号を再生するとともに、上記開口数 $NA \geq 1$ の光学系の焦点位置を上記光磁気膜から外れた位置にずらすことにより、上記垂直磁化膜に開口数 $NA \geq 1$ の光学系、すなわち近接場光学系から光を直接照射し、情報信号を熱記録することを特徴とするものである。

【0016】近接場光学系（ニアフィールド光学系）を用いることにより、従来の光学系の回折限界を越える信号再生が可能になるが、磁気ディスクあるいは光磁気ディスクの垂直磁化膜からの反射光を直接読み出すので

は、空気層での損失による実効的NAの低下、光学的不安定さや埃、傷等が問題になる。

【0017】本発明では、近接場光学系の焦点位置に光磁気膜を形成し、この光磁気膜に上記垂直磁化膜の信号を転写して読み出すようにしているので、もはや近接場光学系ではなく、理想的な開口数 $NA \geq 1$ の光学系となっており、光学系が閉じているために、常に安定した検出が可能であり、埃や傷にも強い。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した浮上型磁気ヘッド装置の構成、信号再生方法、記録再生方法について、図面を参照しながら説明する。

【0019】本発明の浮上型磁気ヘッド装置は、例えば図1に示すように、スライダ1自体を光学材料により形成するとともに、その一端側に開口数 $NA \geq 1$ の光学系を構成するソリッドイマージョンレンズ2を一体的に形成し、さらには、このソリッドイマージョンレンズ2の焦点位置に光磁気膜3を成膜してなるものである。

【0020】上記スライダ1は、いわゆるハードディスク用の浮上型磁気ヘッドの場合と同様、サスペンション4で支持され、例えば磁気ディスク（あるいは光磁気ディスク）との対向面にレール加工等が施され、磁気ディスクの回転に伴って磁気ディスク面から所定の間隔（浮上量）をもって浮上するよう浮力を付与する機能を有する。

【0021】上記ソリッドイマージョンレンズ2は、開口数 $NA \geq 1$ の光学系を構成するものであり、読み出しのためのレーザ光等を集光する役割を果たす。なお、ソリッドイマージョンレンズ2へ集光するためのレンズを別体として用いる構成とする場合、図2に示すように、集光用レンズ5をスライダ1と別体とすることも可能である。勿論、図3に示すように、集光用レンズ5とソリッドイマージョンレンズ2の両者をスライダ1に組み込むことも可能である。

【0022】開口数 $NA$ が1よりも大きい光学系では、近接場光学系（いわゆるニアフィールド光学系）を用いる場合には、しみだし光により情報を検出するので、ディスクからの反射光により情報を検出しようとするとき、ディスクとレンズ端面の距離は非常に短くなる。このとき、光干渉により透過光量はディスクとレンズ端面間の距離に強く依存し、安定に距離が保たれなければ検出光量が揺らぐという欠点を持つ。また、透過する光量も、入射光量に対してロスが大きい。さらに、ディスクとレンズ端面間の空気層での高NA成分の損失により、実効的NAが低下し、スポットサイズが大きくなるため分解能が劣化する。

【0023】そこで、本発明では、光磁気膜3からの反射光により情報を検出することとする。この場合、光学的に非常に安定であり、出力も大きく、集光されるスポットサイズも小さいままである。

【0024】上記 $NA \geq 1$ の光学系は、スライダ1と一体型になっている場合、フォーカスサーボは必要無い。トラッキングサーボは、例えば、サンプルサーボ方式により実現する。

【0025】あるいは、回折格子により3ビームにスポットを分け、メインスポットの周辺にのみ光磁気膜3を成膜し、サイドスポットは透過するようにし、その戻り光を用いてフォーカス及びトラッキングをかける方法等も採用可能である。

【0026】一方、上記光磁気膜3は、磁気ディスクに記録された情報(記録マーク)を静磁結合により転写するもので、ここでは、室温で面内磁化膜であるとともに、加熱により垂直方向の磁化に対して磁界感度を示し、上記 $NA \geq 1$ の光学系の光スポット内の一部でのみ外部磁界に感応する光磁気膜を用いる。これにより、センター・アパーチャ・ディテクション(CAD)と呼ばれる磁氣的超解像を利用した信号再生が可能である。

【0027】したがって、上記光磁気膜3には、例えば、GdとFe、Co等の遷移金属(TM)とを含む合金材料、あるいはGdと遷移金属と添加物とを含む合金材料を用いる。具体的には、GdFeCo等を挙げることができる。

【0028】なお、上記磁氣的超解像を利用しない場合には、上記光磁気膜3は、軟磁気特性を有し、磁気光学効果を有する垂直磁化膜であればよい。

【0029】上記光磁気膜3は、ソリッドイマージョンレンズ2の全面(スライダ1と一体型の場合には、スライダ1の底面全面)に成膜してもよいが、 $NA \geq 1$ の光学系の焦点にのみ、あるいは前記焦点近くに境界があるように形成しても良く、さらにはストライプ状に形成することも可能である。先に述べたように、回折格子により3ビームにスポットを分け、サイドスポットによりトラッキングサーボを行う場合には、焦点にのみ数 $\mu m$ の径で成膜し、あるいはストライプ状に成膜し、サイドスポットが直接磁気ディスクに照射されるようにする必要がある。

【0030】以上、磁気ディスクの情報信号を光磁気膜3に転写し、 $NA \geq 1$ の光学系によりこの光磁気膜3に転写された記録マークを読み取ることにより、信号再生が可能となるが、記録については、従来のハードディスクと同様に記録コイルを設置して磁氣的に記録を行う方法、あるいは、光磁気記録(MO)と同様に熱磁気記録を行う方法等により可能である。

【0031】後者を実現するには、記録の際にはディスクに光が透過しなければならない。そこで、これを実現するための方法として、次の2通りの方法を挙げることができる。

【0032】イ、 $NA \geq 1$ の光学系のレンズの底面またはスライダの底面のうち、焦点の近辺にのみ光磁気膜を成膜する。再生時には、この成膜された光磁気膜にフォーカスを合わせ、記録時には、光の入射角を変えることにより焦点面を光磁気膜からずらすことで近接場光学系として光を透過させる。10 $\mu m$ 程度であれば、焦点面がずれても光スポット形状に変化がないことが知られている。

【0033】ロ、2ビーム入射により、これを実現する。1ビームは光磁気膜に焦点を設定し、もう1ビームはディスクに照射できるようにする。

【0034】次に、上記浮上型磁気ヘッド装置を用いた信号再生方法について説明する。

【0035】ここでは、記録メディアとして、垂直磁化膜を記録層として形成した磁気ディスクを例にして説明するが、記録メディアは面内磁化膜を記録層とする磁気ディスクや光磁気ディスク等であってもよい。

【0036】記録メディアである磁気ディスクは、記録再生時には回転駆動されるが、この磁気ディスクの回転に伴って、上記浮上型磁気ヘッド装置は浮上する。

【0037】本発明方式の場合、膜面からの距離が100nm以上になると、マークエッジの位置で磁界の立ち上がりが緩やかになる。通常のハードディスク用磁気ヘッドの場合、ヘッド素子の両側に磁気シールドを設定しており、周りからの漏れ磁界を遮断しているために、このような位置でもある程度急峻に磁界が変化するが、本発明の方式では磁気シールドを設けることができないので、浮上量は100nm以下にすることが好ましい。

【0038】信号再生時には、図4に示すように、光磁気膜3に磁気ディスクの垂直磁化膜6に記録された記録マークが転写される。

【0039】静磁結合型のCADにおいては、室温において希土類元素(RE)リッチ組成である光磁気膜3が、温度上昇とともに補償温度に近づくことにより、磁化が小さくなり、面内磁化状態から垂直磁化状態へと変化する。

【0040】このような光磁気膜3と垂直磁化膜6とを非磁性中間層である空隙(磁気ヘッド装置の浮上により形成される空隙)を介して対向させることにより、垂直磁化膜6の温度上昇した部分から発生する漏洩磁界と、光記録膜3の温度上昇した部分のみに存在する垂直磁化とが静磁結合し、垂直磁化膜6の磁化状態を光磁気膜3に転写して検出するという静磁結合型CADが実現する。

【0041】なお、光磁気ディスクに用いられる通常のCADでは、垂直磁化膜6が室温で補償組成であり、温度上昇とともに磁化が増加し、記録層から発生する漏洩磁界が再生温度近傍において極大値を示す。本発明の方式では、記録層の再生温度は室温で一定であり、室温で磁化を有する。この場合、周囲の記録マークの漏洩磁界の影響で通常のCADよりも再生特性が多少劣化するが、基本的にはほぼ同様の磁界が光磁気膜3にかかる。

【0042】上記光磁気膜3に転写された信号は、NA



≧1の光学系により読み出す。このとき、照射するレーザ光をブルーレーザ等の短波長レーザとすることで、より一層の高記録密度化に対応可能である。

【0043】短波長光源に対しては、光磁気ディスクの信号出力であるカー回転角は、通常の赤色レーザに比べて減少することが知られている。カー回転角を上げる方法としては、 $TbFeCo$ の $Co$ 組成を上げる方法、 $Pt$ を混ぜる方法等の方法があるが、キュリー温度が上昇すること、磁気異方性が減少することから、通常的光磁気ディスクに適用することはできない。

【0044】また、同じ再生光強度であっても、ディテクタの検出電流には量子効率の限界があり、ブルーレーザでは検出電流が減少し、これを改善するため再生するための再生光強度を上げる必要がある。ただし、再生光強度を上げると、通常的光磁気記録では、記録光強度として非常に大きな出力が必要になり、レーザに負担をかけることになる。

【0045】本発明の方式では、上記光磁気膜3には記録を行わないため、キュリー温度に制約が無く、カー回転角の最も大きな膜を用いることが可能である。具体的には、短波長でカー効果の大きな $TbFeCoPt$ や $Co/Pt$ 人工格子多層膜等を用いることが可能である。

【0046】また、記録を考慮しなくても良いので、再生光強度を上げることも容易である。キュリー温度の大きな材料を用いれば、熱的にも再生光強度を上げる際に有利になる。さらに、記録層に熱が伝導する通常的光磁気膜と違い、光磁気膜3と垂直磁化膜6の間に熱伝導率の低い空気層が存在するため、光磁気膜3の熱が垂直磁化膜6に伝わり難く、再生光強度を上げて記録マークが消去されることがない。

【0047】最後に、具体的な実験結果により本発明を説明する。

【0048】まず、厚さ1.2mmのガラス基板上に以下の磁性膜を成膜した。

【0049】基板/ $SiN$ (20nm)/ $GdFeCo$ (30nm)/ $SiN$ (20nm) このうち、 $GdFeCo$ は希土類元素(RE)リッチの組成であり、室温で面内磁化膜、温度150℃以上で垂直磁化膜となるように組成を設定した。

【0050】この試料の基板側から、 $NA=0.55$ 、波長650nmの光学系を入射し、フォーカスをかけ、その反射光を差動検出した。

【0051】これに外部磁界を加え、磁性膜の磁化の反転を観察した。結果を図5に示す。

【0052】ここで、再生光強度は1.5mW、磁界強度は200(Oe)、変調周波数は2.5MHzである。図中、波形Aは外部磁界のコイル電流であり、発生した磁界に比例する。波形BがRF出力である。高周波ノイズは、RFディテクタへの飛び込みノイズであり、検出波形とは関係ない。

【0053】これによると、磁化は外部磁界により追従して高速に変調されており、良好な出力が得られていることがわかる。また、この状態で1時間放置しても信号に劣化はなく、焦点を磁性膜の同一位置に合わせ続けても磁性膜の劣化が見られないことが確認された。さらに、磁界の変調周波数を変えると、磁気ヘッドの駆動電流が低下するまでRF振幅は一定であり、波形も駆動電流波形とほぼ同一であった。

【0054】次に、外部磁界強度を変えて $C/N$ を測定した結果を図6に示す。これによると、外部磁界90(Oe)程度まで $C/N$ の劣化がないことがわかる。磁性膜の組成を改善することにより、さらに磁界感度を上げることができ、50(Oe)程度であれば容易に磁界に感応し、ディスクからの漏れ磁界がこの程度であれば情報検知することが可能である。

【0055】一方、磁気ディスクからの漏れ磁界について、実際に用いられる現実的な物理量から計算を行った。図7に、その例を示す。

【0056】図7において、磁性膜は垂直磁化膜であり、その厚さは15nm、磁化は0.2Tであり、直径200nmの円筒形のマークが無限に広く一様に磁化された場合の磁界分布であり、磁性膜から50nmの位置(浮上量に相当)でのものである。垂直方向の磁界 $H_z$ の大きなオフセットは、マークの周りが一様に磁化されているための浮遊磁界によるものであり、適当に記録が行われれば、このようなオフセットは解消される。この振幅は100(Oe)以上であり、上記の磁性膜を成膜したヘッドの磁化を反転させるのに十分である。

【0057】次に、100nmの位置での磁界分布を図8に示す。これによると、外部磁界は十分であるが、磁界分布はマークのエッジでは急峻に変化しておらず、良好な再生波形が得られないことがわかった。これは、ディスクの磁性膜の磁化を大きくしても同じであり、この検出方法は本質的に100nm以下のフライングハイトで効果があることがわかった。

【0058】この例では、 $NA=0.55$ の光学系で原理確認を行ったが、 $NA\geq 1$ の光学系でも同様に動作することは言うまでもない。

【0059】また、近接場光学系では、フライングヘッド端面からの出力が光干渉及びエバネッセント波により低下するが、本発明のヘッド装置では、損失なく検出可能である。

【0060】さらに、この磁性膜は光スポットサイズよりも小さい領域でのみ外部磁界に感応するため、スポットサイズを越えた超解像検出が可能である。これは、磁気超解像の方式の一つであるCADと基本的には同じ原理であり、上記の実験はCADの再生層のみを成膜しても同じ結果が得られた。CADと大きく異なるのは、再生層が記録層に対して移動している点である。

【0061】この実験では、再生層が光学系と同じ速度

で移動している場合と等価であり、この際、外部磁界に対して高速に磁化が反転していることから、CADと同様、記録層の情報は再生層（光磁気膜）に転写されることが示されている。

【0062】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明においては、垂直磁化膜あるいは面内磁化膜を用いた記録再生系において、十分な再生出力を得ることができ、光学的回折限界を越えた信号検出が可能である。

【0063】また、本発明によれば、近接場光学系に特有のディスクとの光干渉及びエバネッセント波による損失を解消することができ、安定な光学系を実現することができる。

【0064】さらに、超解像を利用した信号再生が可能であり、また転写性、高速性に優れた信号再生が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した浮上型磁気ヘッド装置の一例を模式的に示す側面図である。

【図2】本発明を適用した浮上型磁気ヘッド装置の他の例を模式的に示す側面図である。

【図3】本発明を適用した浮上型磁気ヘッド装置のさらに他の例を模式的に示す側面図である。

【図4】光磁気膜への情報信号の転写機構を説明する模式図である。

【図5】磁化膜の磁化の反転の様子を示す波形図である。

【図6】外部磁界強度を変えたときのC/Nの変化を示す特性図である。

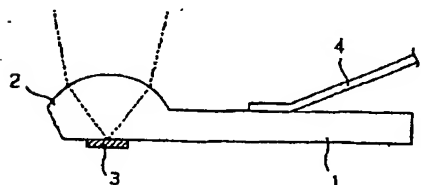
【図7】磁気ディスクからの漏れ磁界の磁界分布を示す特性図であり、磁性膜から50nmの位置での磁界分布を示す特性図である。

【図8】磁性膜から100nmの位置での磁界分布を示す特性図である。

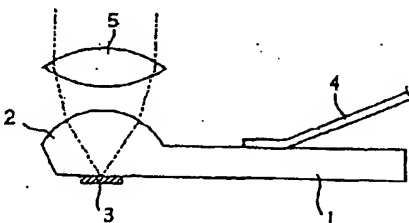
【符号の説明】

1 スライダ、2 ソリッドイメージョンレンズ、3 光磁気膜、6 垂直磁化膜

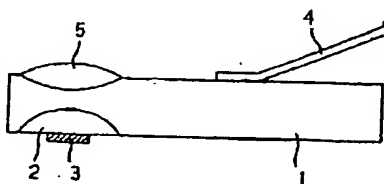
【図1】



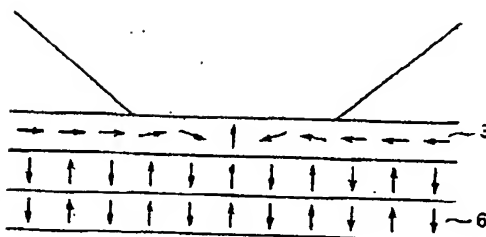
【図2】



【図3】



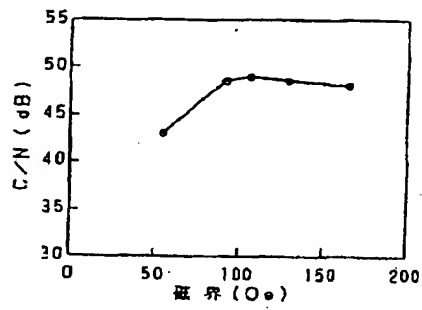
【図4】



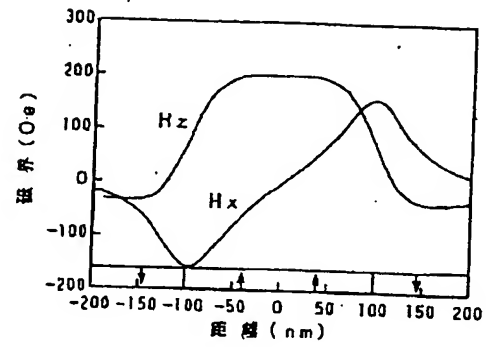
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

